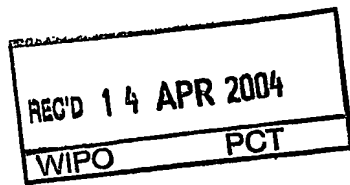


BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



EPO - Munich
83
25. März 2004

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 25 867.1
Anmeldetag: 06. Juni 2003
Anmelder/Inhaber: Carl Zeiss Jena GmbH,
07745 Jena/DE
Bezeichnung: Projektionsvorrichtung
IPC: G 03 B 21/28

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 18. März 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Stanschus

Patentanwälte
GEYER, FEHNERS & PARTNER (G.b.R.)

European Patent and Trademark Attorneys

MÜNCHEN – JENA

Büro München / Munich Offices:

Perhamerstraße 31 · D-80687 München · Telefon: (089) 5 46 15 20 · Telefax: (089) 5 46 03 92 · e-mail: gefepat.muc@t-online.de

Büro Jena / Jena Offices:

Sellierstraße 1 · D-07745 Jena · Telefon: (036 41) 2 91 50 · Telefax: (036 41) 29 15 21 · e-mail: gefepat.jena@t-online.de

Carl Zeiss Jena GmbH
Anwaltsakte: PAT 1250/192

6. Juni 2003

Projektionsvorrichtung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Projektionsvorrichtung mit einem reflektiven Lichtmodulator zum Erzeugen eines Bildes, der eine Mehrzahl von unabhängig voneinander ansteuerbaren Pixeln aufweist, die in einer Bildebene angeordnet und jeweils zumindest in einen ersten und einen zweiten Zustand bringbar sind sowie einen bildgebenden Bereich bilden, ferner mit einer Lichtquelleneinheit zum Beleuchten der Pixel und mit einer ersten und einer zweiten Teilloptik umfassenden Projektionsoptik, die eine optische Achse aufweist, wobei die Lichtquelleneinheit beim Betrieb der Projektionsvorrichtung zur Beleuchtung der Pixel ein Beleuchtungsstrahlenbündel abgibt, das durch die erste Teilloptik, die zumindest eine Linse enthält, läuft und danach auf die Pixel trifft, wobei zur Projektion des Bildes auf eine Projektionsfläche das von im ersten Zustand befindlichen Pixeln reflektierte Licht als Projektionsstrahlenbündel durch die erste Teilloptik und danach durch die zweite Teilloptik läuft, und wobei beim Durchgang des Beleuchtungsstrahlenbündels durch die erste Teilloptik an jeder optischen Grenzfläche jeder Linse der ersten Teilloptik ein Reflexionsstrahlenbündel, das sich ohne weitere Reflexion bei den optischen Grenzflächen zur zweiten Teilloptik hin ausbreitet, erzeugt wird.

Bei einer solchen Projektionsvorrichtung ist bei on-axis Anwendungen (z.B. Zentralprojektion) stets nachteilig, daß zumindest ein Teil jedes der erzeugten Reflexionsstrahlenbündel auch durch die zweite Teilloptik läuft und somit auf die Projektionsfläche projiziert wird. Dadurch wird der Ein-Aus-Kontrast sowie die Gleichmäßigkeit des Schwarzbildes (bei dem ein flächiges schwarzes Bild darzustellen ist) verschlechtert.

Wenn man diese reflexbedingte Verschlechterung der Bilddarstellung vermeiden will, hat man bisher das Beleuchtungslicht über ein Prisma durch innere Totalreflexion auf die Pixel gelenkt. Ein solches Prisma ist jedoch ein relativ teures Bauelement und benötigt eine aufwendige Entspiegelung. Ferner führt der Glasweg zu unerwünschten Farbfehlern.

Ausgehend hiervon ist es Aufgabe der Erfindung, eine Projektionsvorrichtung der eingangs genannten Art derart weiterzubilden, daß der Einfluß der Beleuchtungslichtreflexe auf die Bildqualität der Projektion vermindert wird.

5 Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch eine Projektionsvorrichtung der eingangs genannten Art gelöst, bei der jede Grenzfläche jeder Linse der ersten Teilloptik so gekrümmt und/oder angeordnet ist, daß in eine Bezugsebene, in der die optische Achse der Projektionsoptik liegt und die durch die optische Achse in eine obere und untere Halbebene aufgeteilt ist, jedes die
10 erste Teilloptik verlassende Reflexionsstrahlenbündel vollständig entweder in Richtung in die erste oder in die zweite Halbebene hinein verläuft, um zu verhindern, daß die Reflexionsstrahlenbündel auf die Projektionsfläche projiziert werden.

Da somit die Reflexionsstrahlenbündel nur noch an einer Seite an der zweiten Teilloptik vorbeilaufen und nicht mehr, wie bisher bei Feldlinsen üblich, an beiden Seiten der zweiten
15 Teilloptik, kann der Einfluß der Reflexionsstrahlenbündel auf die Bildprojektion deutliche verringert werden. Insbesondere können die Reflexionsstrahlenbündel bei geeigneter Einstellung der Krümmung und/oder geeigneter Anordnung vollständig an der zweiten Teilloptik vorbeilaufen. Es ist auch möglich, daß Teile der Reflexionsstrahlenbündel noch in die zweite Teilloptik eintreten, aber aufgrund ihrer Ausbreitungsrichtung nicht vollständig durch die zweite
20 Teilloptik hindurchlaufen und somit nicht auf die Projektionsfläche gelangen.

Die Reflexionsstrahlenbündel sind hier Reflexionsstrahlenbündel, die durch eine einmalige Reflexion an einer der Wirkflächen der zumindest eine Linse der ersten Teilloptik erzeugt werden. Es handelt sich somit um Reflexionsstrahlenbündel erste Ordnung.
25 Reflexionsstrahlenbündel, die durch eine mehrmalige Reflexion an Wirkflächen der zumindest eine Linse der ersten Teilloptik erzeugt werden, werden hier nicht betrachtet.

Wenn die Projektionsoptik keine gemeinsame optische Achse aufweist, dann wird unter der optischen Achse der Projektionsoptik die optische Achse eines Elements bzw. einer Linse der
30 zweiten Teilloptik verstanden, insbesondere die Linse, die am weitesten vom Lichtmodulator entfernt ist.

Insbesondere kann jede optische Grenzfläche jeder Linse bzw. Feldlinse der ersten Teilloptik so gekrümmt und/oder angeordnet sein, daß alle die erste Teilloptik verlassenden
35 Reflexionsstrahlenbündel in Richtung in die gleiche Halbebene (die erste oder zweite) hineinverlaufen. Dies führt vorteilhaft zu einem vereinfachten Aufbau der Projektionsoptik. Insbesondere ist es dabei von Vorteil, wenn die Lichtquelleneinheit so angeordnet ist, daß in

der Bezugsebene das Beleuchtungsstrahlenbündel von der anderen der beiden Halbebenen (die zweite oder erste Halbebene) aus auf die erste Teioptik gerichtet ist.

Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Projektionsvorrichtung sind die Linsen der ersten Teioptik so ausgebildet und angeordnet, daß die Reflexionsstrahlenbündel jeweils nicht oder nur teilweise in die zweite Teioptik eingekoppelt werden und in dieser spätestens an der Öffnungsblende der Projektionsoptik ausgeblendet werden. Damit wird ein ausgezeichneter Ein-Aus-Kontrast und ein sehr gleichmäßiges Schwarzbild erreicht. Die Öffnungsblende kann insbesondere in einer zur Bildebene entgegengesetzt optisch konjugierten Ebene liegen bzw. in der Ebene, in der die Fläche liegt, in der die Lichtstrahlen gleichen Winkels der verschiedenen Projektionsteilstrahlenbündel (die von den unterschiedlichen Pixeln ausgeht) gesammelt werden (also in der Blendenebene).

Ferner kann bei der erfindungsgemäßen Projektionsvorrichtung in der Projektionsoptik zur Strahlengangfaltung ein Umlenkelement (wie beispielsweise ein Spiegel) angeordnet sein. Damit läßt sich ein sehr kompaktes und an die entsprechenden äußeren konstruktiven Bedingungen anpaßbare Projektionsoptik realisieren. Insbesondere bei der Rückprojektion kann die Projektionsoptik an vorgegebene Bautiefen und -höhen der Rückprojektionsvorrichtung angepaßt werden. Natürlich ist es auch möglich, daß ein Umlenkelement in der Lichtquelleneinheit vorgesehen ist. Ferner können sowohl die Lichtquelleneinheit als auch die Projektionsoptik ohne Umlenkelement ausgebildet sein. Im Fall der Strahlengangfaltung in der Projektionsoptik werden die entsprechenden Bereiche der Halbebenen natürlich entsprechend der Faltung mittransformiert. Anders gesagt, wenn die gefaltete Projektionsoptik entfaltet betrachtet wird, liegt wieder die Aufteilung der Bezugsebene in den beiden Halbebenen vor.

Ferner kann bei der erfindungsgemäßen Projektionsvorrichtung die erste Teioptik insgesamt eine positive Brechkraft aufweisen. Damit kann eine sehr gute und gleichmäßige Beleuchtung des Lichtmodulators erreicht werden. Insbesondere kann der Öffnungswinkel des entsprechenden Beleuchtungsteilstrahlenbündels, das ein Pixel beleuchtet, an die Vorgaben des Lichtmodulators angepaßt werden.

In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Projektionsvorrichtung trifft die optische Achse der Projektionsoptik, in Draufsicht auf den bildgebenden Bereich gesehen, den bildgebenden Bereich, bevorzugt etwa in der Mitte. Damit weist die Projektionsvorrichtung einen sogenannten On-Axis-Aufbau auf. Sie kann damit auch als Zentralprojektionsvorrichtung ausgebildet sein, was insbesondere bei der Ausgestaltung der Projektionsvorrichtung als Rückprojektionsvorrichtung von Vorteil ist. Natürlich muß die optische

Achse den bildgebenden Bereich nicht exakt in der Mitte treffen. Wesentlich ist nur, daß die optische Achse den bildgebenden Bereich etwa in der Mitte trifft.

- 5 Wenn die optische Achse senkrecht auf den bildgebenden Bereich trifft, läßt sich eine Projektionsoptik mit besonders guten Abbildungseigenschaften realisieren.

- 10 Eine besonders bevorzugte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Projektionsvorrichtung besteht darin, daß die zumindest erste Linse der ersten Teilloptik in der Bezugsebene quer zur optischen Achse versetzt ist. Durch diese spezielle Anordnung der zumindest ersten Linse kann in einfachster Art und Weise der gewünschte Reflexionslichtbündelverlauf erreicht werden. Auch der bildgebende Bereich kann quer zur optischen Achse versetzt sein, wobei bevorzugt der Versatz des bildgebenden Bereichs gleich groß ist wie der Versatz der zumindest ersten Linse.

- 15 Auch ist es möglich, die zumindest erste Linse zusätzlich zu dem beschriebenen Versatz oder anstatt dieses Versatzes um einen ersten Winkel gegenüber der optischen Achse zu kippen. Auch dadurch kann der gewünschte Verlauf des Reflexionslichtbündels erreicht werden.

- 20 Ferner kann auch die Bildebene um einen zweiten Winkel gegenüber der optischen Achse gekippt sein, wobei die beiden Winkel bevorzugt gleich groß sind, was insbesondere bei der Justage der Projektionsvorrichtung von Vorteil ist.

- 25 Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der erfindungsgemäßen Projektionsvorrichtung wird ein Versatz und/oder eine Verkipfung von zumindest einer Linse der zweiten Teilloptik so gewählt, daß der durch den Versatz und/oder die Verkipfung von zumindest einer Linse der ersten Teilloptik bedingte Abbildungsfehler der Projektionsoptik zumindest teilweise kompensiert ist. Zusätzlich zu dem Versatz und/oder der Verkipfung der zumindest einen Linse der zweiten Teilloptik oder anstatt dieses Versatzes und/oder dieser Verkipfung kann in der Projektionsoptik zumindest ein Keil und/oder zumindest eine verkippte Planplatte vorgesehen sein, um den
- 30 durch den Versatz und/oder die Verkipfung von zumindest einer Linse der ersten Teilloptik bedingten Abbildungsfehler der Projektionsoptik zumindest teilweise zu kompensieren. Damit wird in einfachster Art eine Projektionsoptik mit ausgezeichneten Abbildungseigenschaften zur Verfügung gestellt, wobei gleichzeitig die Reflexlichteigenschaften deutlich verbessert sind.

- 35 Ferner ist es möglich, daß die erste Teilloptik zumindest zwei Linsen aufweist, die derart zueinander versetzt und/oder verkippt sind (und bevorzugt auch relativ zum bildgebenden Bereich), daß sich die durch den Versatz und/oder Verkipfung bedingten Abbildungsfehler der zumindest zwei Linsen gegenseitig zumindest teilweise kompensieren. Diese Ausgestaltung der

Kompensierung schon in der ersten Teilloptik kann natürlich auch mit der oben beschriebenen Kompensierung durch die entsprechende Anordnung von Linsen der zweiten Teilloptik kombiniert werden.

- 5 Des weiteren kann bei der erfindungsgemäßen Projektionsvorrichtung die erste Linse eine Meniskuslinse mit positiver Brechkraft sein, wobei die konvexe Seite der Meniskuslinse den Pixeln zugewandt ist. Bevorzugt sind in diesem Fall mehrere Meniskuslinsen hintereinander geschaltet, wobei jeweils deren konvexe Seite den Pixeln zugewandt ist. Damit kann die notwendige positive Brechkraft auf mehrerer Linsen aufgeteilt werden, wodurch die Krümmung ihrer Wirkflächen verringert werden kann, was wiederum dazu führt, daß der gewünschte Verlauf des Reflexlichtbündels erreicht werden kann.
- 10

Von Vorteil ist es in diesem Fall, wenn zumindest eine der Meniskuslinsen aus einem Material gebildet ist, dessen Brechzahl größer oder gleich 1,7 ist. Auch dies führt dazu, daß der Krümmungsradius der entsprechenden Linsen verringert werden kann, wodurch leicht der gewünschte Verlauf des Reflexlichtbündels erreichbar ist.

15

- In einer vorteilhaften Weiterbildung der erfindungsgemäßen Projektionsvorrichtung überdecken in der Bezugsebene ein Beleuchtungsteilstrahlenbündel, mit dem ein Pixel beleuchtet wird, und das entsprechende Projektionsteilstrahlenbündel, das von dem Pixel ausgeht, welches im ersten Zustand ist, einen nicht zusammenhängenden Winkelbereich. Damit wird vorteilhaft ein weiterer Freiheitsgrad beim Entwurf der zumindest ersten Linse geschaffen, der dazu genutzt werden kann, den Verlauf des Reflexlichtbündels in der gewünschten Art und Weise zu gestalten.
- 20

- 25 Insbesondere kann der Lichtmodulator eine Kippspiegelmatrix aufweisen, wobei die Bezugsebene senkrecht zu den Kippachsen der Kippspiegel liegt. Der Lichtmodulator wird bevorzugt über eine Ansteuereinheit aufgrund von vorgegebenen Bilddaten angesteuert. Es können dabei Schwarz-Weiß-Bilder oder auch mehrfarbige Bilder erzeugt werden, wobei zur mehrfarbigen Bilderzeugung beispielsweise der Lichtmodulator zeitsequentiell mit unterschiedlichen Farben (beispielsweise Rot, Grün und Blau) in sich wiederholender Weise derart beleuchtet wird, daß ein Beobachter die zeitlich nacheinander projizierten Farbteilbilder nur noch als überlagertes mehrfarbiges Bild wahrnehmen kann. Alternativ können auch mehrere Lichtmodulatoren für die verschiedenen Farbteilbilder vorgesehen sein, wobei in diesem Fall eine Strahlteilereinheit (z.B. Strahlteiwürfel) zwischen der ersten Teilloptik und den Lichtmodulatoren vorgesehen werden kann, die das Beleuchtungsstrahlenbündel, das durch die erste Teilloptik hindurchgelaufen ist, auf die Lichtmodulatoren aufteilt, und die Projektionsstrahlenbündel, die von den Lichtmodulatoren ausgehen, zu einem gemeinsamen
- 30
- 35

Projektionsstrahlenbündel kombiniert und auf die erste Teilloptik richtet, so daß ein gemeinsames Projektionsstrahlenbündel durch die erste und zweite Teilloptik läuft. Natürlich kann die Strahlteilereinheit auch so angeordnet sein, daß sie das Beleuchtungsstrahlenbündel aufteilt bevor es durch die erste Teilloptik läuft, wobei bei dieser Ausgestaltung vor jedem Lichtmodulator (also zwischen dem entsprechenden Lichtmodulator und der Strahlteilereinheit) eine erste Teilloptik vorgesehen ist, so daß die Projektionsstrahlenbündel der Lichtmodulatoren zuerst durch die zugeordneten ersten Teilloptiken laufen und danach zum gemeinsamen Projektionsstrahlenbündel vereint werden.

10 In einer besonders bevorzugten Weiterbildung der erfindungsgemäßen Projektionsvorrichtung ist diese als Rückprojektionsvorrichtung mit einer als Rückprojektionsschirm ausgebildeten Projektionsfläche ausgestaltet. Insbesondere kann zwischen dem Rückprojektionsschirm und der Projektionsoptik eine sogenannte Fresnel-Linse angeordnet sein. Auch können noch eine oder mehrere Umlenkelemente zwischen der Projektionsoptik und der Fresnel-Linse bzw. 15 Projektionsfläche vorgesehen sein, um eine kompakte Rückprojektionsvorrichtung bereitzustellen.

Ferner können bei der erfindungsgemäßen Projektionsvorrichtung alle Linsen der Projektionsoptik auf einer gemeinsamen optischen Achse liegen. Dies erleichtert die Fertigung 20 der Projektionsoptik.

Auch kann die erfindungsgemäße Projektionsvorrichtung derart ausgestaltet sein, daß sie als im wesentlichen zentrierte und rotationssymmetrische Optik ausgebildet ist, die bevorzugt im wesentlichen telezentrisch ist. Dies führt zu einer Projektionsoptik, die ausgezeichnete 25 Abbildungseigenschaften aufweist.

Von besonderem Vorteil ist es, wenn die Lage der zweiten Teilloptik bzw. eines Teils davon in Richtung der optischen Achse veränderbar ist. Dies kann dazu genutzt werden, um die Größe der Projektion zu verändern. Damit kann eine Projektionsoptik vorgesehen werden, die bei der 30 Herstellung von Projektionsgeräten verwendet wird, die unterschiedlich große Bilder darstellen. Es muß lediglich die zweite Teilloptik bzw. ein Teil davon in Richtung der optischen Achse verschoben und dann fixiert werden.

Ferner kann die Projektionsoptik in einer zur Bildebene entgegengesetzt konjugierten 35 Blendenebene eine Abschattungsblende mit rotationssymmetrischer Blendenöffnung aufweisen. Bei einer Verklippung der Bildebene wird hier die entgegengesetzt konjugierte Blendenebene zu der noch nicht verklippten Bildebene betrachtet.

Auch kann bei der erfindungsgemäßen Projektionsvorrichtung ein Teil der Blendenöffnung durch ein zusätzliches Blendenelement abgeschattet sein. Dies ist von besonderem Vorteil, wenn noch ein gewisser Teil des Reflexlichtes durch einen begrenzten Teil der Blendenöffnung hindurchtreten würde. Mittels des zusätzlichen Blendenelements kann dieser Reflexlichtanteil ohne Verlust von Bildinformationen abgeschattet werden.

Die Erfindung wird nachfolgen beispielhalber anhand der beigefügten Zeichnungen noch näher erläutert. Es zeigen:

- 10 Fig. 1 eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Projektionsvorrichtung;
- Fig. 2 eine vergrößerte Detailansicht der Projektionsoptik der Projektionsvorrichtung von Fig. 1;
- Fig. 3 eine vergrößerte Detailansicht der Projektionsoptik der Projektionsvorrichtung von Fig. 1;
- 15 Fig. 4 eine vergrößerte Detailansicht der Projektionsoptik der Projektionsvorrichtung von Fig. 1, und
- Fig. 5 bis 10 vergrößerte Teildarstellungen der Projektionsoptik von Fig. 1 gemäß einer weiteren Ausführungsform.

- 20 Wie aus Fig. 1 zu entnehmen ist, in der eine erste Ausführungsform der erfindungsgemäßen Projektionsvorrichtung schematisch dargestellt ist, umfaßt die Projektionsvorrichtung einen reflektiven Lichtmodulator 1, der hier als Kippspiegelmatrix ausgebildet ist, die eine Vielzahl von in Zeilen und Spalten angeordneten Kippspiegeln umfaßt, die mittels einer Ansteuereinheit 2 auf der Basis vorgegebener Bilddaten voneinander unabhängig zwischen einer ersten und
- 25 zweiten Kippstellung hin und her schaltbar sind. Die Kippachsen der Kippspiegel liegen in einer Bildebene, die senkrecht zur Zeichenebene ist. Somit sind die Kippspiegel Pixel, die einen bildgebenden Bereich des Lichtmodulators bilden.

- Des weiteren umfaßt die Projektionsvorrichtung eine Lichtquelleneinheit 3 zum Beleuchten der
- 30 Kippspiegel, wobei die Lichtquelleneinheit 3 eine Lichtquelle 4 und eine der Lichtquelle 4 nachgeordnete Abbildungsoptik 5 (schematisch dargestellt) aufweist. Ferner ist bei der Projektionsvorrichtung noch eine Projektionsoptik 6 vorgesehen, die eine erste Teilloptik 7 und eine zweite Teilloptik 8 umfaßt, die wiederum schematisch dargestellt sind, wobei die beiden Teilloptiken 7, 8 jeweils zumindest eine Linse enthalten.

35

Mittels der Lichtquelleneinheit 3 wird beim Betrieb der Projektionsvorrichtung ein Beleuchtungsstrahlenbündel 9 erzeugt, das durch die erste Teilloptik 7 läuft und auf den Lichtmodulator 1 trifft. Das von den in der ersten Kippstellung (erster Zustand) befindlichen

Kippspiegeln reflektierte Licht bildet ein Projektionsstrahlenbündel 10, das wiederum durch die erste Teilloptik 7 und danach durch die zweite Teilloptik 8 läuft und somit auf eine Projektionsfläche 11 trifft, um auf dieser das mittels des Lichtmodulators 1 eingestellte Bild zu projizieren. Das Licht, das von den Kippspiegeln reflektiert wird, die sich im zweiten Zustand (zweite Kippstellung) befinden, wird (in der Darstellung von Fig. 1) schräg nach oben umgelenkt (nicht gezeigt) und wird daher mittels der Projektionsoptik 6 nicht auf die Projektionsfläche 11 projiziert.

In Fig. 2 ist eine vergrößerte Darstellung der Projektionsoptik 6 von Fig. 1 zusammen mit dem Lichtmodulator 1 zur Erläuterung der Reflexlichtunterdrückung detaillierter dargestellt, wobei drei Beleuchtungsteilstrahlenbündel B1, B2 und B3 des Beleuchtungsstrahlenbündels 9 für drei ausgewählte Pixel P1, P2 und P3 mit durchgezogenen Strichen eingezeichnet ist und das an einer optischen Grenzfläche W1 der ersten Teilloptik 7 erzeugte Reflexionsstrahlenbündel R1 (bzw. drei Reflexionsteilstrahlenbündel R11, R12, R13 davon) gestrichelt bis zur zweiten Teilloptik 8 eingezeichnet ist. Bei den Pixeln P1 und P3 handelt es sich um ein Pixel am oberen und unteren Rand des Lichtmodulators 1, wohingegen das Pixel P2 auf der optischen Achse OA liegt.

Wie der Darstellung in Fig. 2 zu entnehmen ist, umfaßt die zweite Teilloptik 8 eine, in Projektionsrichtung gesehen, der ersten Teilloptik 7 nachgeordnete erste Linsengruppe 13 sowie eine der ersten Linsengruppe 13 nachgeordnete zweite Linsengruppe 14, wobei die optische Achse OA der zweiten Linsengruppe 14 eingezeichnet ist. Die erste Linsengruppe 13 ist in der Zeichenebene quer zur optischen Achse OA nach oben versetzt. Wie sich der Fig. 2 weiter entnehmen läßt, weist der Lichtmodulator 1 ein Deckglas D auf und ist gegenüber der optischen Achse OA um etwa 3° verkipp. Die erste Teilloptik 7 besteht aus einer ersten Linse 15 mit positiver Brechkraft, die gegenüber der optischen Achse OA nach unten versetzt ist, so daß die erste Linse 15 nicht mehr rotationssymmetrisch zur optischen Achse OA angeordnet ist. Dies führt vorteilhaft dazu, daß das beim Durchgang des Beleuchtungsstrahlenbündels 9 durch die erste Linse 15 an der dem Lichtmodulator 1 abgewandten Grenzfläche W1 der ersten Linse 15 erzeugte Reflexionsstrahlenbündel R1 schräg nach oben verläuft (in Fig. 2). Somit verlaufen sämtliche Strahlen des Reflexionsstrahlenbündels R1 in Richtung in die obere Halbebene H1 hinein, die in der Zeichenebene liegt und durch die optische Achse OA von der unteren Halbebene H2 getrennt ist. Wie aus den eingezeichneten Strahlverläufen ersichtlich ist, verläuft das Reflexionsteilstrahlenbündel R11 an der zweiten Teilloptik 8 vorbei, wohingegen die Reflexionsteilstrahlenbündel R12 und R13 zumindest auf die erste Linse der ersten Linsengruppe 13 treffen. Jedoch sind die Winkel der Reflexionsteilstrahlenbündel R12, R13 so steil, daß sie nicht durch die Blende 16 hindurchlaufen und somit auch nicht auf die Projektionsfläche 11 projiziert werden. Dies ergibt sich unmittelbar aus einem Vergleich der

Strahlhöhen und -winkel der Reflexionsteilstrahlenbündel R12 und R13 mit den Strahlhöhen und -winkeln der Projektionsteilstrahlenbündel S1, S2, S3 der Pixel P1, P2 und P3, die in Fig. 3 mit durchgezogenen Linien eingezeichnet sind. In Fig. 3 sind in einer ähnlichen Darstellung wie in Fig. 2 die drei Beleuchtungsteilstrahlenbündel B1, B2 und B3 sowie die Projektionsteilstrahlenbündel S1, S2, S3 für die drei Pixel P1, P2, P3 eingezeichnet, wobei die Pixel P1, P2 und P3 alle in der ersten Kippstellung sind.

In Fig. 4 ist in ähnlicher Weise wie in Fig. 2 ein Reflexionsstrahlenbündel R2 eingezeichnet, das durch Reflexion an der dem Lichtmodulator 1 zugewandten Grenzfläche W2 der ersten Linse 15 erzeugt wird. Auch aus der Darstellung in Fig. 4 läßt sich entnehmen, daß aufgrund des Linsenversatzes der Linse 15 quer zur optischen Achse OA die Strahlen des Reflexionsstrahlenbündels R2 entweder gleich an der zweiten Teilloptik 8 vorbeilaufen oder aber in der zweiten Teilloptik 8 nicht durch die Blende 16 hindurchlaufen, da das Reflexionsstrahlenbündel in Richtung in die obere Halbebene H1 hinein verläuft. Da somit die Reflexionsstrahlenbündel, die an der ersten Linse 15, die die erste Teilloptik bildet, in Richtung in die obere Halbebene H1 hinein verlaufen, läßt sich effektiv verhindern, daß Reflexe des Beleuchtungsstrahlenbündels 9 auf die Projektionsfläche 11 projiziert werden, so daß ein guter Ein-Aus-Kontrast sowie eine gute Gleichmäßigkeit des Schwarzbildes erreicht wird.

Ferner läßt sich aus Fig. 3 noch deutlich entnehmen, daß das Beleuchtungsteilstrahlenbündel B1 und das entsprechende Projektionsteilstrahlenbündel S1 (in der Zeichenebene) keinen zusammenhängenden Winkelbereich überdecken. Dies ist vorteilhaft dahingehend, daß dadurch beim Entwurf der ersten Teilloptik 7 (erste Linse 15) ein weiterer Freiheitsgrad zur Optimierung der Krümmung und/oder Ausrichtung der Grenz- bzw. Wirkflächen W1 und W2 der ersten Linse 15 gegeben ist. Weiterhin besteht bei der beschriebenen Ausführungsform ein Vorteil darin, daß die erste Teilloptik 7 nur eine Linse umfaßt, so daß die Projektionsvorrichtung klein, kompakt und kostengünstig hergestellt werden kann.

Insbesondere ist die Projektionsvorrichtung noch so ausgebildet, daß die zweite Linsengruppe 8 in Richtung der optischen Achse OA lageverstellbar ist. Damit läßt sich ein unterschiedlich großer Vergrößerungsfaktor einstellen. Dies kann beispielsweise bei der Fertigung der Projektionsvorrichtung von Vorteil sein, da dadurch mit einer Projektionsoptik unterschiedliche Vergrößerungen erreicht werden können, ohne daß dazu Linsen oder sonstige optische Element ausgetauscht werden müssen. Es muß lediglich die Lage in Richtung der optischen Achse OA der zweiten Linsengruppe 14 eingestellt werden.

In Figuren 5 bis 10 ist in ähnlicher Weise wie in Fig. 2 für eine zweite Ausführungsform der Projektionsvorrichtung jeweils der Strahlenverlauf eines an einer der optischen Grenzflächen

W1 bis W6 der optischen Elemente bzw. Linsen 17, 18, 19 der ersten Teilloptik 7 erzeugten Reflexionsstrahlenbündel mit einer gestrichelten Linie eingezeichnet. Ferner sind mit durchgezogenen Linien das Beleuchtungs- und Projektionsstrahlenbündel 9, 10 eingezeichnet. Im wesentlichen unterscheidet sich die zweite Ausführungsform von der ersten

5 Ausführungsform darin, daß die erste und zweite Teilloptik 7 und 8 auf einer gemeinsamen optischen Achse OA liegen, daß die erste Teilloptik 7 drei Meniskuslinsen 17, 18 und 19 umfaßt, deren konvexe Seite jeweils dem Lichtmodulator 1 zugewandt ist, und daß die optische Achse OA senkrecht auf den bildgebenden Bereich des Lichtmodulators trifft. Auch der konkrete Aufbau der zweiten Teilloptik 8 ist etwas unterschiedlich im Vergleich zur ersten

10 Ausführungsform. Jedoch umfaßt die zweite Teilloptik 8 auch bei der hier beschriebenen Ausführungsform eine erste und zweite Linsengruppe 13 und 14, wobei die zweite Linsengruppe 14 in Richtung der optischen Achse OA lageverstellbar ist.

In Fig. 5 sind die Reflexionsstrahlen R3 eingezeichnet, die durch die Reflexion an der Wirkfläche W1 der ersten Meniskuslinse 17 erzeugt werden. In gleicher Weise sind in Fig. 6 bis

15 10 die Reflexionsstrahlen R4-R8, die durch der Reflexion des Beleuchtungsstrahlenbündels an den Wirkflächen W2, W3, W4, W5 und W6 erzeugt werden. Aus den Darstellungen in Fig. 5 bis 10 ist ersichtlich, daß ein Großteil der Reflexionsstrahlen an der zweiten Teilloptik 8 und somit an der Blende 14 (die in der entgegengesetzt konjugierten Ebene zur Bildebene angeordnet ist) vorbei laufen. Der Teil der Reflexionsstrahlen, die dennoch in die zweite Teilloptik 8 gelangen, führt hier zu einer gewissen Verminderung des Ein-Aus-Kontrastes sowie der Gleichmäßigkeit des Schwarzbildes. Doch ist zu berücksichtigen, daß in der Regel etwa nur 5% des Beleuchtungsstrahlenbündels 9 an den Wirkflächen W1-W6 reflektiert werden und daß in dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel höchstens 1/5 davon in die zweite Teilloptik 8 gelangt. Wenn

20 auch dieser Teil des Reflexionslichtes nicht auf die Projektionsfläche 11 projiziert werden soll, kann man beispielsweise in dem Bereich der Blende 14, durch den die Reflexionsstrahlen hindurchlaufen, eine zusätzliche Abschattungsblende vorsehen, oder die Öffnungszahl der Projektionsoptik entsprechend anpassen (vermindern), so daß das Reflexionslicht nicht mehr durch die zweite Teilloptik 8 läuft.

Patentanwälte
GEYER, FEHNERS & PARTNER (G.b.R.)

European Patent and Trademark Attorneys
MÜNCHEN - JENA

Büro München / Munich Offices:
Perhamerstraße 31 · D-80687 München · Telefon: (089) 5 46 15 20 · Telefax: (089) 5 46 03 92 · e-mail: gefepat.muc@t-online.de

Büro Jena / Jena Offices:
Sellierstraße 1 · D-07745 Jena · Telefon: (036 41) 2 91 50 · Telefax: (036 41) 29 15 21 · e-mail: gefepat.jena@t-online.de

Carl Zeiss Jena GmbH
Anwaltsakte: PAT 1250/192

6. Juni 2003

Patentansprüche

1. Projektionsvorrichtung mit einem reflektiven Lichtmodulator (1) zum Erzeugen eines Bildes, der eine Mehrzahl von unabhängig voneinander ansteuerbaren Pixeln (P1, P2, P3) aufweist, die in einer Bildebene angeordnet und jeweils zumindest in einen ersten und einen zweiten Zustand bringbar sind sowie einen bildgebenden Bereich bilden, ferner mit einer Lichtquelleneinheit (3) zum Beleuchten der Pixel (P1, P2, P3) und mit einer ersten und einer zweiten Teilloptik (7, 8) umfassenden Projektionsoptik (6), die eine optische Achse (OA) aufweist, wobei die Lichtquelleneinheit (3) beim Betrieb der Projektionsvorrichtung zur Beleuchtung der Pixel (P1-P3) ein Beleuchtungsstrahlenbündel (9) abgibt, das durch die erste Teilloptik (7), die zumindest eine erste Linse (15; 17, 18, 19) enthält, läuft und danach auf die Pixel (P1-P3) trifft, wobei zur Projektion des Bildes auf eine Projektionsfläche (11) das von den im ersten Zustand befindlichen Pixeln (P1-P3) reflektierte Licht als Projektionsstrahlenbündel (10) durch die erste Teilloptik (7) und danach durch die zweite Teilloptik (8) läuft, und wobei beim Durchgang des Beleuchtungsstrahlenbündels (9) durch die erste Teilloptik (7) an jeder optischen Grenzfläche (W1, W2, W3, W4, W5, W6) jeder Linse (15; 17-19) der ersten Teilloptik (7) jeweils ein Reflexionsstrahlenbündel (R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8), das sich ohne weitere Reflexionen an den optischen Grenzflächen (W1-W6) zur zweiten Teilloptik (8) hin ausbreitet, erzeugt wird, **dadurch gekennzeichnet, daß jede optische Grenzfläche (W1-W6) jeder Linse (15; 17-19) der ersten Teilloptik (7) so gekrümmt und/oder angeordnet ist, daß in einer Bezugsebene, in der die optische Achse (OA) der Projektionsoptik (6) liegt und die durch die optische Achse (OA) in eine obere und untere Halbebene (H1, H2) aufgeteilt ist, jedes die erste Teilloptik (7) verlassende Reflexionsstrahlenbündel (R1, R2; R3-R8) vollständig entweder in Richtung in die erste oder in die zweite Halbebene (H1, H2) hinein verläuft, um zu verhindern, daß die Reflexionsstrahlenbündel (R1, R2; R3-R8) auf die Projektionsfläche (11) projiziert werden.**

2. Projektionsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jede optische Grenzfläche (W1-W6) jeder Linse (15; 17-19) so gekrümmt und/oder angeordnet ist, daß alle die erste Teilloptik (7) verlassenden Reflexionsstrahlenbündel in Richtung in die gleiche Halbebene (H1) hinein verlaufen.

3. Projektionsvorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelleneinheit (3) so angeordnet ist, daß in der Bezugsebene das Beleuchtungsstrahlenbündel (9) von der anderen der beiden Halbebenen (H2) aus auf die erste Teilloptik (7) gerichtet ist.

4. Projektionsvorrichtung nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Reflexionsstrahlenbündel (R1-R8) jeweils nicht oder nur teilweise in die zweite Teilloptik (8) eingekoppelt werden und in dieser spätestens an der Öffnungsblende der Projektionsoptik (6) ausgeblendet werden.

5. Projektionsvorrichtung nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in der Projektionsoptik (6) zur Strahlengangfaltung ein Umlenkelement angeordnet ist.

6. Projektionsvorrichtung nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die ersten Teilloptik (7) insgesamt positive Brechkraft aufweist.

7. Projektionsvorrichtung nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die optische Achse (OA) der Projektionsoptik (6), in Draufsicht auf den bildgebenden Bereich gesehen, den bildgebenden Bereich trifft, bevorzugt etwa in der Mitte.

8. Projektionsvorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die optische Achse (OA) senkrecht auf den bildgebenden Bereich trifft.

9. Projektionsvorrichtung nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die zumindest erste Linse (15) in der Bezugsebene quer zu optischen Achse (OA) versetzt ist.

10. Projektionsvorrichtung nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die zumindest erste Linse (15) in der Bezugsebene um einen ersten Winkel gegenüber der optischen Achse (OA) gekippt ist.

11. Projektionsvorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Bildebene um einen zweiten Winkel gegenüber der optischen Achse (OA) gekippt ist, wobei der erste und der zweite Winkel bevorzugt gleich groß sind.

12. Projektionsvorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der durch den Versatz und/oder die Verkipfung der ersten Linse bedingte Abbildungsfehler der Projektionsoptik (6) durch einen Versatz, eine Verkipfung von zumindest einer Linse der

zweiten Teilloptik und/oder durch zumindest einen Keil oder zumindest einer verkippten Planplatte zumindest teilweise kompensiert ist.

5 13. Projektionsvorrichtung nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Teilloptik (7) zumindest zwei Linsen aufweist, welche zueinander so versetzt und/oder verkippt sind, daß sich die durch den Versatz und/oder Verkipfung bedingten Abbildungsfehler der zumindest zwei Linsen gegenseitig zumindest teilweise kompensieren.

10 14. Projektionsvorrichtung nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Linse eine Meniskuslinse (17-19) mit positiver Brechkraft ist, wobei die konvexe Seite der Meniskuslinse (17-19) den Pixeln (P1-P2) zugewandt ist.

15 15. Projektionsvorrichtung nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Linse (15; 17-19) aus einem Material gebildet ist, dessen Brechzahl mindestens 1,7 beträgt.

20 16. Projektionsvorrichtung nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in der Bezugsebene ein Beleuchtungsteilstrahlenbündel (B1, B2, B3), mit dem ein Pixel (P1-P3) beleuchtet wird, und ein Projektionsteilstrahlenbündel (S1, S2, S3), das vom Pixel (P1-P3) ausgeht, wenn es im ersten Zustand ist, einen nicht zusammenhängenden Winkelbereich überdecken.

25 17. Projektionsvorrichtung nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtmodulator (1) eine Kippspiegelmatrix aufweist und die Bezugsebene senkrecht zu den Kippachsen der Kippspiegel liegt.

30 18. Projektionsvorrichtung nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Projektionsvorrichtung als Rückprojektionsvorrichtung mit einer als Rückprojektionsschirm ausgebildeten Projektionsfläche ausgestaltet ist.

19. Projektionsvorrichtung nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß alle Linsen der Projektionsoptik (6) auf einer gemeinsamen optischen Achse (OA) liegen.

35 20. Projektionsvorrichtung nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Projektionsoptik (6) als im wesentlichen zentrierte und rotationssymmetrische Optik ausgebildet ist, die bevorzugt im wesentlichen telezentrisch ist.

21. Projektionsvorrichtung nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Lage der zweiten Teiloptik (8) oder eines Teils davon in Richtung der optischen Achse (OA) veränderbar ist.

5 22. Projektionsvorrichtung nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Projektionsoptik (6) in einer zur Bildebene entgegengesetzt konjugierten Blendenebene eine Abschattungsblende (16) mit rotationssymmetrischer Blendenöffnung aufweist.

10 23. Projektionsvorrichtung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß ein Teil der Blendenöffnung durch ein zusätzliches Blendenelement abgeschattet ist.

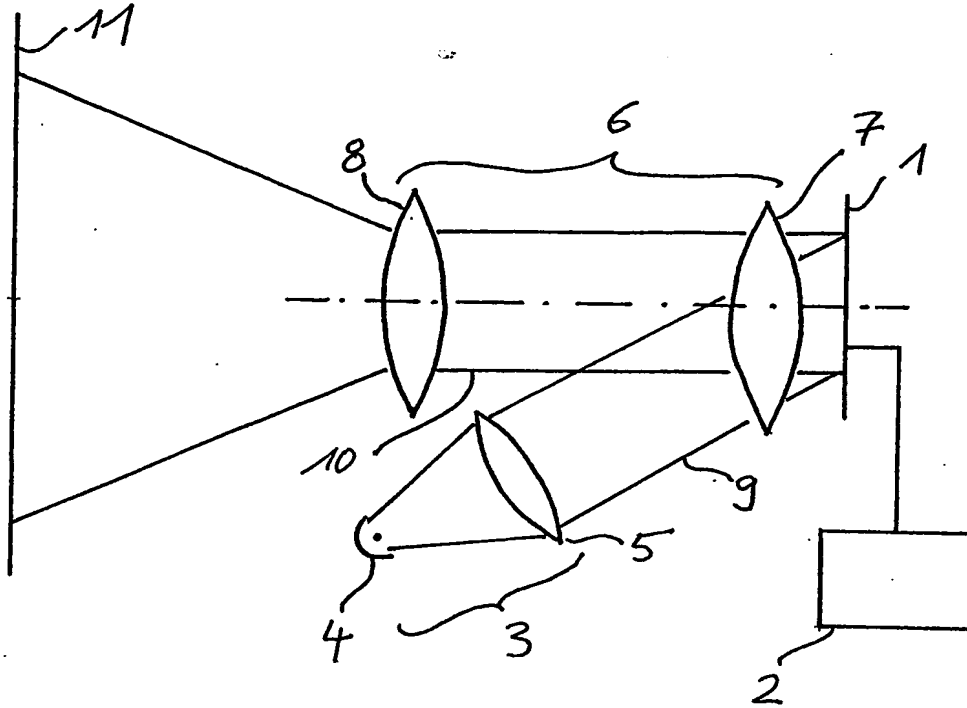
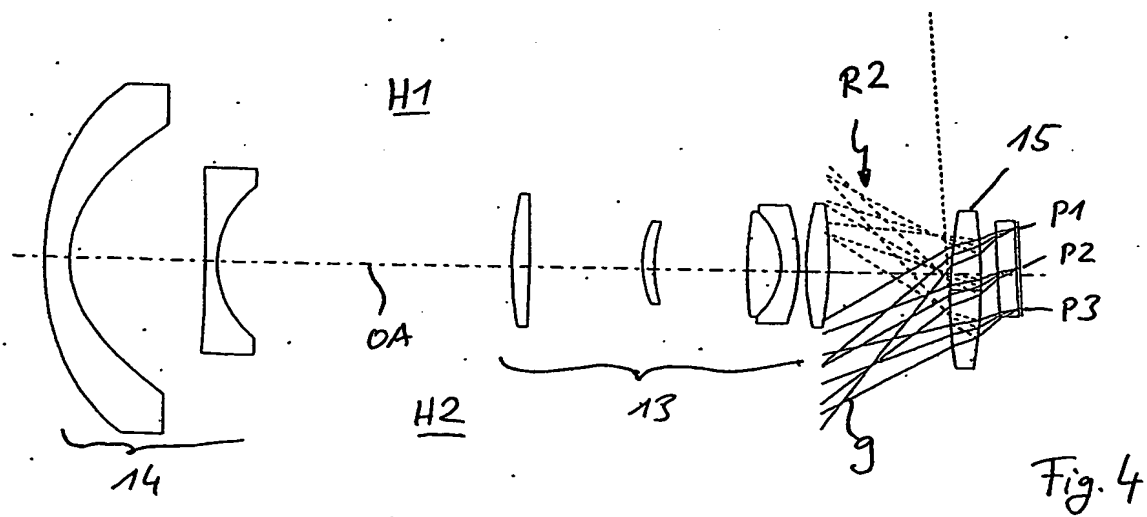
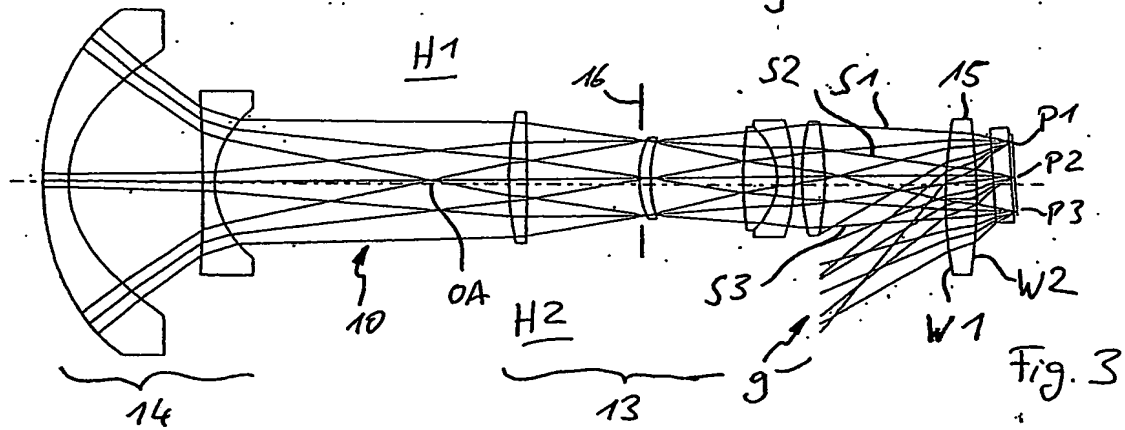
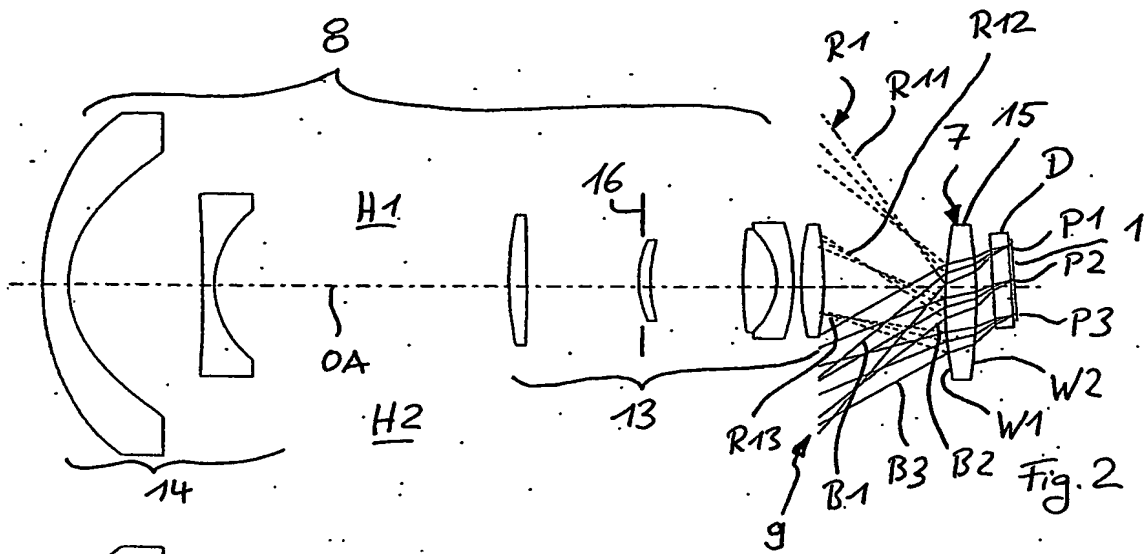
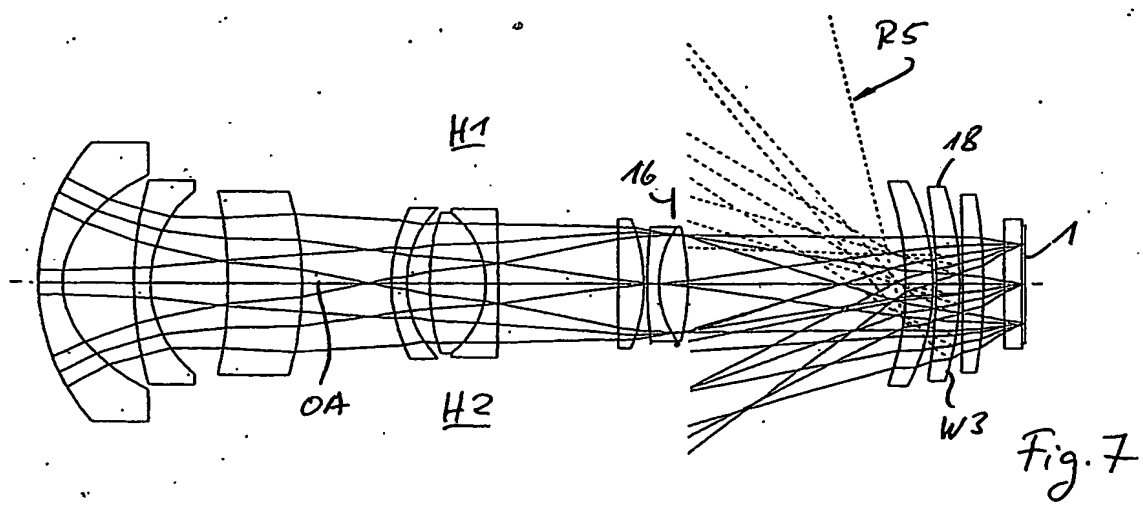
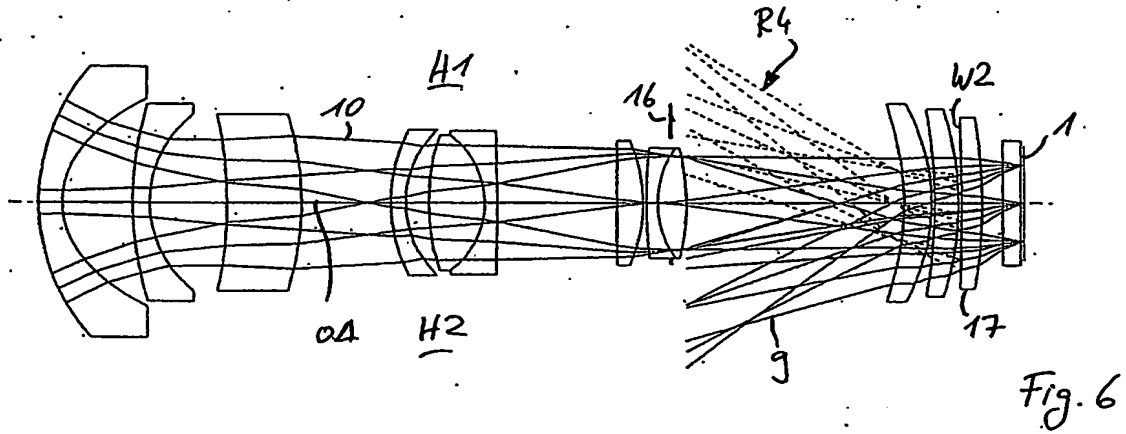
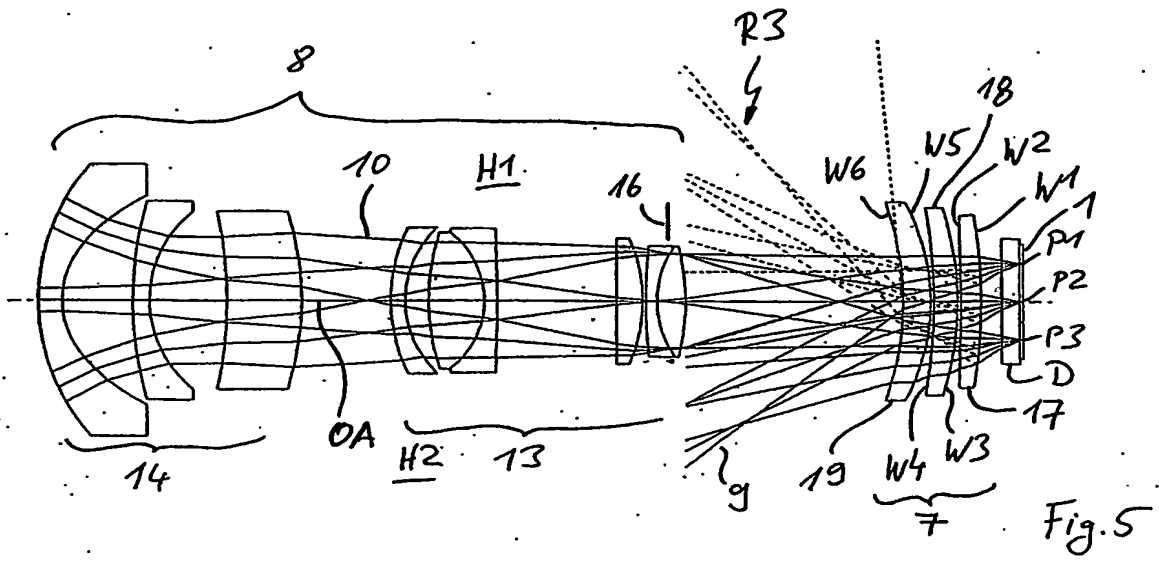


Fig. 1





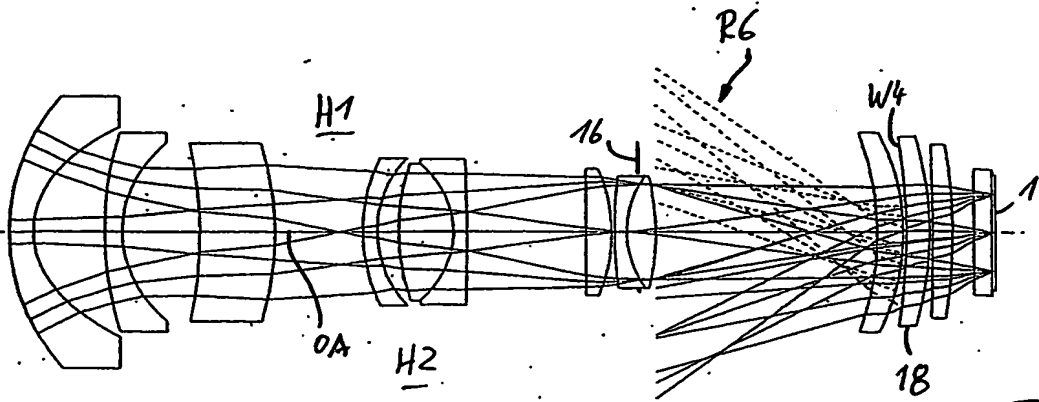


Fig. 8

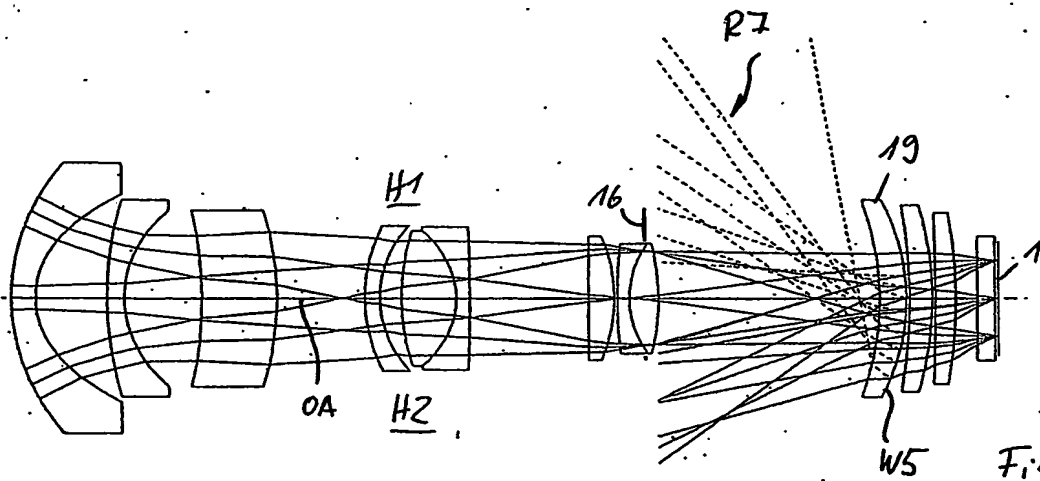


Fig. 9

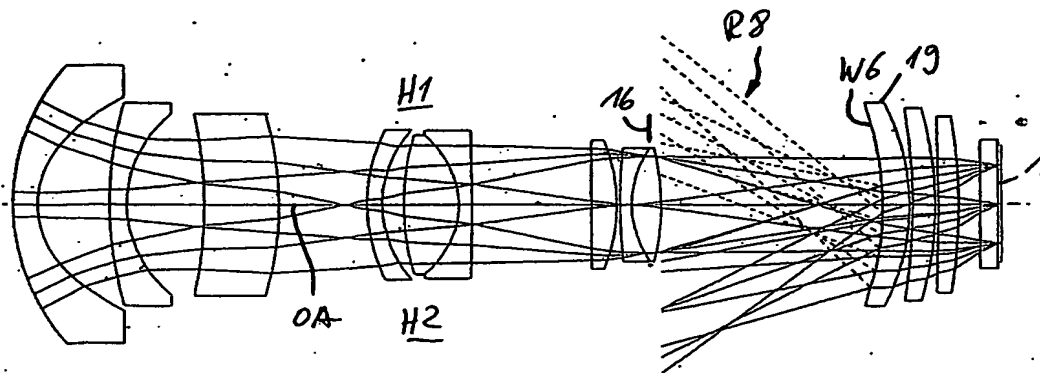


Fig. 10

Patentanwälte
GEYER, FEHNERS & PARTNER (G.b.R.)

European Patent and Trademark Attorneys

MÜNCHEN - JENA

Büro München / Munich Offices:

Perhamerstraße 31 · D-80687 München · Telefon: (089) 5 46 15 20 · Telefax: (089) 5 46 03 92 · e-mail: gefepat.muc@t-online.de

Büro Jena / Jena Offices:

Sellierstraße 1 · D-07745 Jena · Telefon: (036 41) 2 91 50 · Telefax: (036 41) 29 15 21 · e-mail: gefepat.jena@t-online.de

Carl Zeiss Jena GmbH
Anwaltsakte: PAT 1250/192

6. Juni 2003

Zusammenfassung

5 Bei einer Projektionsvorrichtung mit einem reflektiven Lichtmodulator (1) zum Erzeugen eines
Bildes, einer Lichtquelleneinheit (3) zum Beleuchten des Lichtmodulators 1 und mit einer
ersten und einer zweiten Teilloptik (7, 8) umfassenden Projektionsoptik (6), die eine optische Achse
(OA) aufweist, ist jede optische Grenzfläche (W1-W6) jeder Linse (15; 17-19) der ersten
Teilloptik so gekrümmt und/oder angeordnet ist, daß in einer Bezugsebene, in der die optische
Achse (OA) der Projektionsoptik (6) liegt und die durch die optische Achse (OA) in eine obere
10 und untere Halbebene (H1, H2) aufgeteilt ist, jedes die erste Teilloptik (7) verlassende
Reflexionsstrahlenbündel (R1, R2; R3-R8) vollständig entweder in Richtung in die erste oder in
die zweite Halbebene (H1, H2) hinein verläuft, um zu verhindern, daß die
Reflexionsstrahlenbündel (R1, R2; R3-R8) auf die Projektionsfläche (11) projiziert werden.

15

(Fig.1)

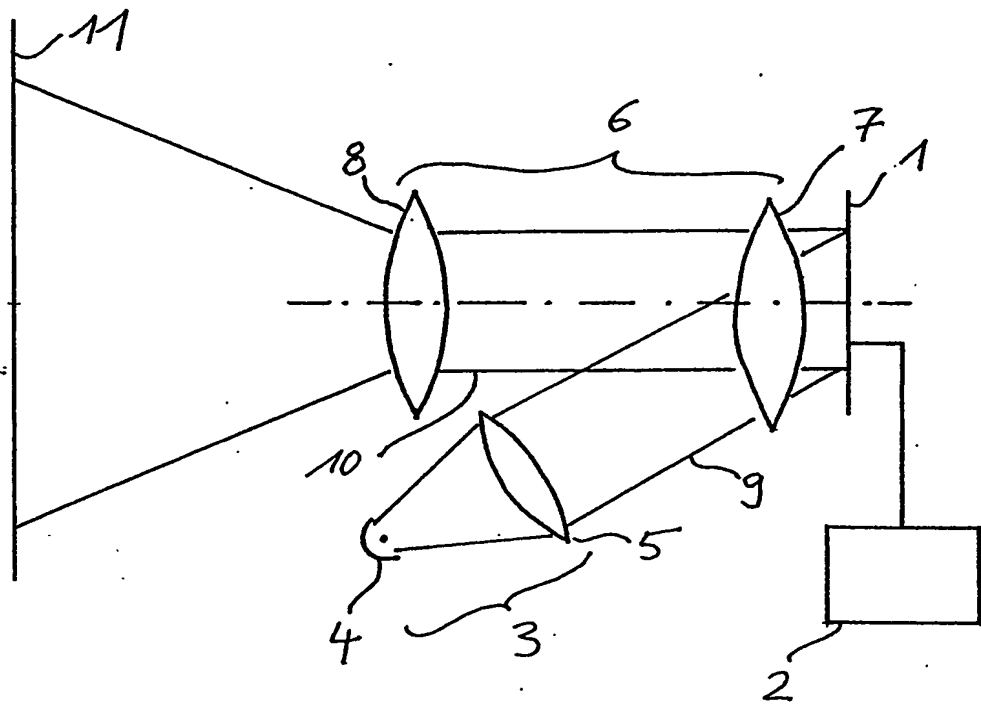


Fig. 1